

Verfahren zum Schrupphonen der Mantelfläche einer Bohrung

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schrupphonen der Mantelfläche einer Bohrung. Aufgrund der möglichen Zerspanleistungen und Standmengen wurde bereits vorgeschlagen, das Feinspindeln durch Schrupphonen zu ersetzen. So können die Vorteile des Honverfahrens in größerem Umfang genutzt werden. Um jedoch hinsichtlich Winkeligkeit und Positioniergenauigkeit mit dem Feinspindeln vergleichbare Qualitätskorrekturen zu erreichen, können die üblichen Freiheitsgrade von Honwerkzeug und Werkstück nicht auf das Schrupphonen übertragen werden.

Das Konzept, anstelle des Feinbohrens das Schrupphonen einzusetzen, sieht daher eine feste Anordnung der Werkzeugachse und ebenso eine feste Aufspannung des Werkstückes vor. Durch die Indexposition kann das Werkstück mit ausreichender Genauigkeit zur Werkzeugachse aufgenommen werden. Durch eine obere und untere Werkzeugführung erzielt man eine starre Anordnung des Werkzeugs auf Sollposition der Bohrung, so dass die angulare Achslage des Werkzeugs stabil ist. Der Lageunterschied in Position und Winkellage von Werkzeugachse zu vorbearbeiteter Bohrungsachse stellt das notwendige Korrekturpotential dar.

Zu Beginn der Schrupphonbearbeitung bearbeiten die Honleisten die Bohrungsmantelfläche nur partiell. Mit fortschreitendem Abtrag weitet sich die Zerspannung vollflächig auf die gesamte Bohrung aus. Da am Umfang örtlich unterschiedlich viel Material abgetragen wird, entsteht ein neues Bohrungszentrum, welches mit dem Werkzeugzentrum identisch ist. Beim Anschnitt übertragen nur wenige Honleisten den Anpressdruck auf die Bohrungswandung. Dies erfordert daher

Best Available Copy

eine formschlüssige Zustelleinrichtung, das heißt eine Schrittzustellung. Die Zustellfunktionen bestehen in der intermittierenden Zustellbewegung, bestehend aus dem Zustellschritt definierter Größe und der Zustellpause, in der sich der zuvor aufgebaute Zustelldruck abbaut.

Dieses aus dem Artikel von U. Klink/G. Flores "Honon von Zylinderbohrungen aus GGV" in der Zeitschrift "WB. Werkstatt und Betrieb" 133. Jahrgang 2000, Heft 4, Carl Hanser Verlag München bekannte Verfahren zum Schrupphonen ist jedoch nur bei Werkstücken durchführbar, bei denen ganz bestimmte Voraussetzungen an die Zugänglichkeit der Bohrungen gegeben sind, so dass damit dem Anwendungsbereich erhebliche Grenzen gesetzt sind. Es ist für Durchgangsbohrungen einsetzbar, jedoch nicht für Sacklochbohrungen, die überwiegend bei z.B. Kolbenlaufbahnen anzutreffen sind.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Schrupphonen der Mantelfläche einer Bohrung zu schaffen, das universeller anwendbar ist.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Durch die vorliegende Erfindung ist es möglich, auch Bohrungen an Werkstücken mittels Schrupphonen zu bearbeiten, die lediglich von einer Seite zugänglich sind. Dabei ist sowohl eine Korrektur der Bohrungsposition relativ zur Indexbohrung als auch eine Korrektur der Winkellage der Bohrungsachse möglich. Letzteres ist insbesondere bei Motorblöcken von erheblicher Bedeutung, da es auf die Winkelgenauigkeit, bezogen auf die Kurbelwellenachse, ankommt. Die Honbearbeitung in der Schrupphonoperation erfolgt zunächst im Partialschnitt, bei dem das Werkzeug noch nicht vollständig anliegt. Erst wenn die Bohrung überall flächendeckend bearbeitet wird und die Honleisten an beiden Seiten anliegen, ist der Vollschnitt erreicht.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens ist vorgesehen, dass zumindest während der Bearbeitung des einer Schlitteneinheit abgewandt liegenden Abschnitts der Bohrung die Hubbewegung des Honwerkzeugs von einer Schlitteneinheit ausgeführt wird, so dass die Arbeitsspindel von der Schlitteneinheit alternierend bezüglich ihrer Längsachse bewegt wird. Die Schlitteneinheit bietet unabhängig von ihrer momentanen Position eine gleichbleibende Führungsstabilität der Spindel. Dabei befindet sich die Honspindel in ihrer oberen Endlage. Die verwendete Kombination von Schlitteneinheit mit aufgebauter Honspindel ermöglicht im Partialschnitt eine hohe Stabilität der Schlitteneinheit und im Vollschnitt hohe Hubgeschwindigkeiten, wie sie eine Honspindel ermöglicht. Aufgrund dieser Ausgestaltung kann eine fliegend gelagerte Arbeitsspindel bezüglich ihrer Baulänge minimiert werden. Dabei ist als minimale Baulänge zu verstehen, dass bei Erreichen des unteren Hubumkehrpunktes des Werkzeugs bei maximal üblicher Überlauflänge die Werkzeuglagerung sich kurz vor der oberen Bohrungskante befindet. Dies entspricht der minimalen Baulänge, die nicht weiter unterschritten werden kann und durch die zu honende Bohrungslänge vorgegeben ist.

Es wird als zweckmäßig angesehen, dass während eines zunächst erfolgenden Partialschnitts eine elektromechanische Zustellung der Honleisten mit definierten Pausenzeiten erfolgt. Das Umschalten von Partialschnitt auf Vollschnittparameter kann durch eine Überwachung der Leistungsaufnahme ausgelöst werden, da das Drehmoment mit vollflächigem Anlegen der Schneidleisten zunimmt. Dies kann auch das Signal zum Retirieren der Schlittenbewegung sein, so dass damit die Hubbewegung durch die Honspindel einsetzt und die alternierende Längsbewegung durch die Honspindel im Vollschnitt ausgeführt wird. Durch die Verwendung der Schlitteneinheit als Hubtrieb kann die Stabilität der Spindel wesentlich erhöht werden.

Während des Vollschnitthonens erfolgt eine elektromechanische Schrittzustellung, wobei die Zustellkraft, die auf die Honleisten wirkt, überwacht wird. Es ergibt sich daraus eine Kombination von weg- und kraftgesteuerter Zustellung. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird während des Partialschnitts ein erster Honleistensatz beaufschlagt und der Vollschnitt wird mit einem zweiten Honleistensatz durchgeführt.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

- Fig. 1 Einen Schnitt durch einen Motorblock und ein darüber befindliches Honwerkzeug in schematischer Darstellung,
- Fig. 2 einen Schnitt durch den Motorblock gemäß Fig. 1 mit dem Honwerkzeug nahe dem Ende der Bearbeitung,
- Fig. 3 einen radialen Schnitt durch eine Bohrung und das Honwerkzeug zu Beginn der Bearbeitung,
- Fig. 4 eine perspektivische Ansicht eines Ausschnitts einer Bohrungswandung mit dem Übergang vom Drehprofil zum Honprofil,
- Fig. 5 eine Abwicklung eines Ausschnitts der Bohrungswandung gemäß Fig. 4.

Die Fig. 1 zeigt ein Werkstück 1, bei dem es sich in dem Ausführungsbeispiel um einen Motorblock handelt. Dieses Werkstück 1 umfasst mehrere Bohrungen 2, die als Zylinderbohrungen vorgesehen sind und eine Mantelfläche 3 aufweisen, die zu bearbeiten ist. Jede Bohrung 2 besitzt eine Längsachse M_B . An dem Motorblock 1 sind im unteren Bereich mehrere Kurbelwellenlager 4 vorgesehen, die eine gemeinsame

Achse κ besitzen, nämlich die Längsachse der Kurbelwelle M_K . Der Motorblock 1 ist auf einem Werkstückträger 8 mittels Indexierstiften 9 positionsgenau aufgenommen, so dass die relative Lage des Werkstücks 1 exakt positioniert ist.

Ebenso bedeutet die Korrektur der Winkellage der Bohrungsachse eine winkeltgerechte Aufnahme des Werkstücks. Es ist daher erforderlich, dass die Achsen M_A und M_K rechtwinklig zueinander ausrichtbar sind.

Über dem Werkstück 1 ist ein Honwerkzeug 5 dargestellt, das an einer fliegend gelagerten Arbeitsspindel 6 angeordnet ist und mehrere Honleisten 7 umfasst, die zur Bearbeitung der Mantelfläche 3 der Bohrungen 2 vorgesehen sind. Die Arbeitsspindel 6 und somit auch das Honwerkzeug 5 selbst besitzen eine Längsachse M_A , wobei aus Fig. 1 ersichtlich ist, dass vor der Bearbeitung mittels des Honwerkzeugs 5 ein Versatz S zwischen der Längsachse der Arbeitsspindel M_A und der Längsachse der Bohrung M_B auftritt. Von wenigen Ausnahmen abgesehen ist ein derartiger Versatz der Achsen vorhanden, der bis zu 0,3 mm beträgt.

Durch den Arbeitsschritt des Schrupphonens kann ein entsprechender Materialabtrag bei gleichzeitiger Eliminierung des Versatzes S erfolgen und somit die Längsachse der Bohrung M_B dahingehend verlagert werden, dass diese Achse der tatsächlich im Motorblock 1 benötigten Lage exakt entspricht und somit sich der Längsachse M_A annähert. Damit wird gleichzeitig die hohe Winkelgenauigkeit der Längsachse M_B der Bohrung 2 der Längsachse der Kurbelwelle M_K erreicht.

Sofern der Versatz S der Längsachse der Arbeitsspindel M_A zur Längsachse der Bohrung M_B in einer Größe liegt, durch die das freie Einführen des Honwerkzeugs 5 in die Bohrung 2 nicht möglich ist, so wird die Längsachse der Arbeitsspindel M_A in einem entsprechenden Winkel ausgelenkt, um auf diese Weise in die Bohrung 2 zu gelangen und deren Mantelfläche 3 zu

bearbeiten. Während der Bearbeitung wird nicht nur der Versatz S der Längsachsen M_A und M_B zueinander eliminiert, sondern auch ein evtl. eingenommener Winkel der Längsachse M_A der gegebenenfalls auch durch die Fertigungstoleranzen des Motorblocks 1 bedingt sein kann.

Die Fig. 2 zeigt einen Schnitt durch den Motorblock 1 gemäß Fig. 1, wobei jedoch das Honwerkzeug 5 in der Bohrung 2 befindlich ist und der Zustand nahe dem Ende der Bearbeitung dargestellt ist. Für gleiche Teile stimmen die Bezugszeichen mit demjenigen der Fig. 1 überein. Es ist aus Fig. 2 ersichtlich, dass die Arbeitsspindel 6 in einer Schlitteneinheit 10 geführt ist, wobei die Schlitteneinheit 10 für einen bestimmten Abschnitt des Verfahrens (z.B. Arbeiten im Partialschnitt) mit der Arbeitsspindel 6 in Längsrichtung der Arbeitsspindel 6 bzw. der Längsachse M_A arretierbar ist. Gemäß der Darstellung in Fig. 2 ist die Bearbeitung des Schrupphonens bereits soweit fortgeschritten, dass die Längsachse der Arbeitsspindel M_A mit der Längsachse der Bohrung M_B koaxial liegt, so dass abschließend eine gleichmäßig gehonte Mantelfläche erzeugt wird. In diesem ersten Arbeitsabschnitt ist es von Vorteil, die Arbeitsspindel 6 in Längsrichtung in der Schlitteneinheit 10 zu arretieren und die Hubbewegung durch die Schlitteneinheit 10 auszuführen, da auf diese Weise das freie, aus der Schlitteneinheit 10 herausragende Ende der Arbeitsspindel 6 möglichst kurz gehalten wird und damit eine hohe Biegesteifigkeit der Arbeitsspindel 6 erreicht wird. Dementsprechend verbleibt die Arbeitsspindel 6 im ersten Abschnitt des Verfahrens in ihrer oberen Endlage in der Schlitteneinheit 10, so dass eine Stabilisierung gegen seitige Zerspankräfte gegeben ist. Dadurch wird auch eine größere Führungsgenauigkeit und eine höhere Normalkraftstabilität erreicht.

Erst im Vollschnitt verbleibt die Schlitteneinheit 10 in einer festen Position und die Arbeitsspindel 6 führt relativ

zur in Ruhe befindlichen Schlitteneinheit 10 eine Hubbewegung aus. Hierbei können höhere Hubgeschwindigkeiten gefahren werden und das Schrupphonon im Vollschnitt in kurzen Bearbeitungszeiten ist somit möglich.

Die Fig. 3 zeigt einen radialen Schnitt durch eine Bohrung 2 und das Honwerkzeug 5 zu Beginn der Bearbeitung. Es ist daraus ersichtlich, dass die Längsachse M_B der Bohrung 2 einen Abstand bzw. einen Versatz S zu der Längsachse M_A der Arbeitsspindel bzw. des Honwerkzeugs 5 aufweist. In dem Honwerkzeug 5 befindet sich zentrisch eine Zustellstange 11, die über Zustellkeile 12 auf die Honleisten 7 wirkt. Durch die Zustellstange 11 können die Zustellkeile 12 radial nach außen gedrückt werden, wodurch auch die Honleisten 7 eine radial nach außen gerichtete Bewegung ausführen.

Wie die Fig. 3 zeigt, liegt zu Beginn der Bearbeitung lediglich ein Teil des Honwerkzeugs 5 an der Mantelfläche 3 der Bohrung 2 an, so dass bezüglich der Schrupphonoperation zunächst ein Partialschnitt erfolgt, bei dem das Honwerkzeug 5 unvollständig anliegt. Der Abtrag des Materials lediglich einem Teil der Mantelfläche 3 führt dazu, dass sich das Bohrungszentrum und somit die Längsachse der Bohrung M_B verlagert, so dass sich die Längsachse der Arbeitsspindel M_A und die Längsachse der Bohrung M_B gegenseitig annähern. Erst wenn die Bohrung 2 überall flächendeckend bearbeitet wird und damit der Versatz S zwischen den Achsen eliminiert ist, wird die Bohrung 2 überall flächendeckend bearbeitet, so dass die Honleisten 7 über den gesamten Umfang der Bohrung 2 anliegen. Damit ist der Vollschnitt erreicht, mit dem dann die gleichmäßig gehonte Mantelfläche 3 erzeugt wird.

Die Fig. 4 zeigt eine perspektivische Ansicht eines Ausschnitts der Bohrungswandung bzw. der Mantelfläche 3 der Zylinderbohrung 2. Dabei ist ein Abschnitt 13 mit Drehprofil im linken Bereich der Bohrung 2 zu sehen, während ein

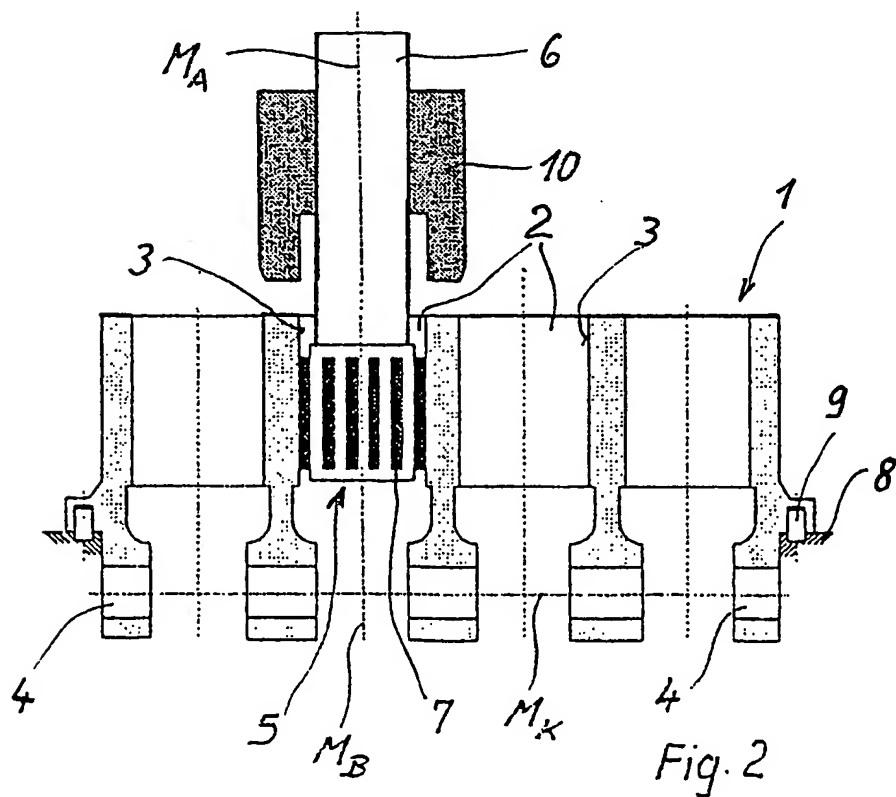
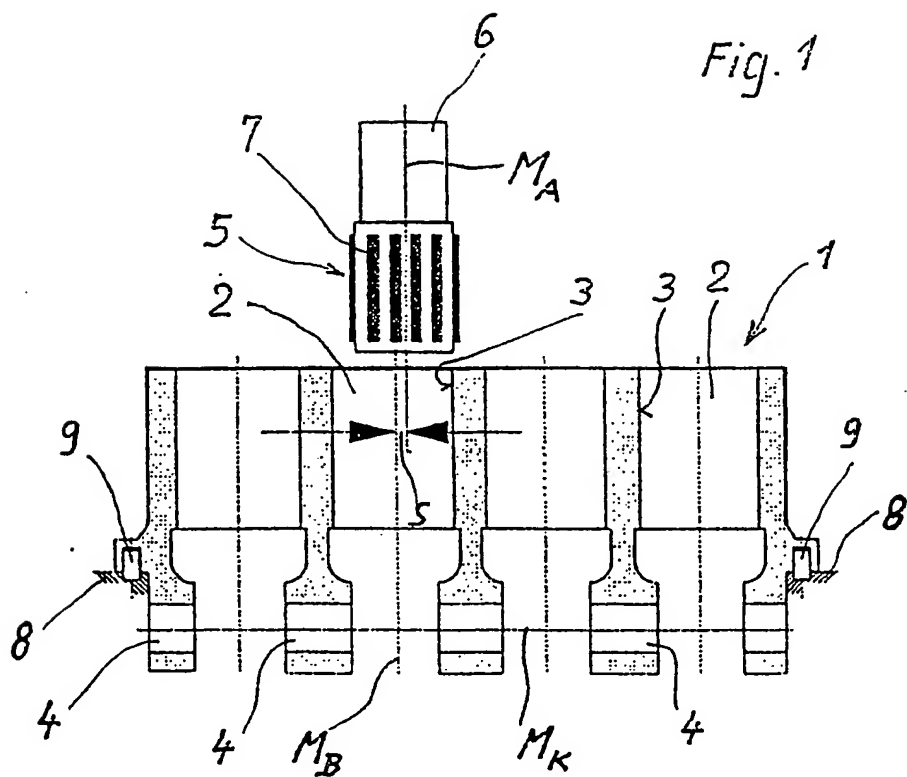
Abschnitt 14 mit Honprofil im rechten Teil der Bohrung 2 vorhanden ist. Aus dieser Darstellung wird deutlich, dass im zunächst folgenden Partialschnitt nur ein bestimmter Abschnitt der Mantelfläche 3 durch Schrupphonen bearbeitet wird und ein Übergang vom Drehprofil zum Honprofil besteht.

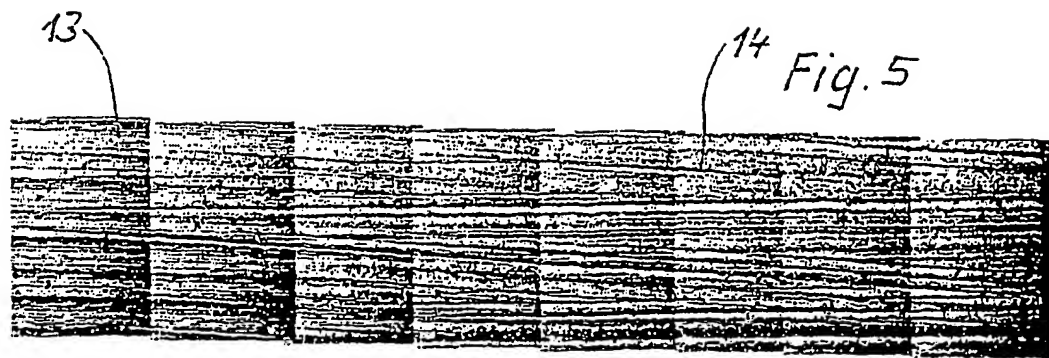
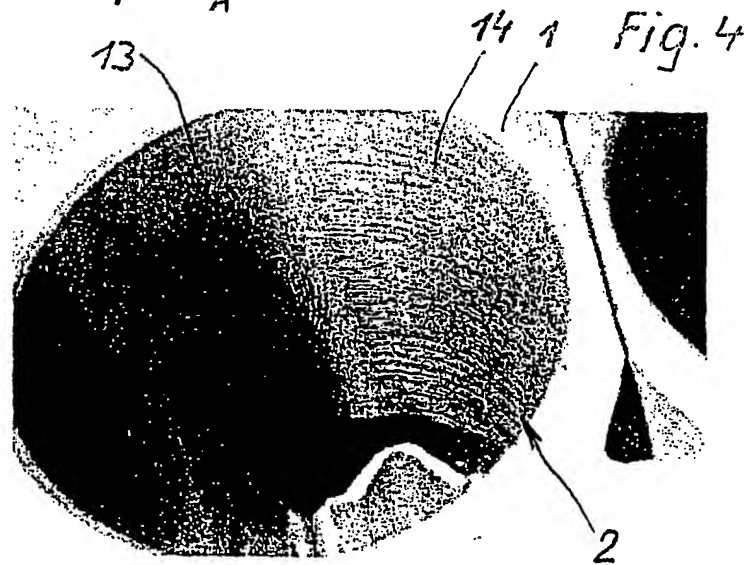
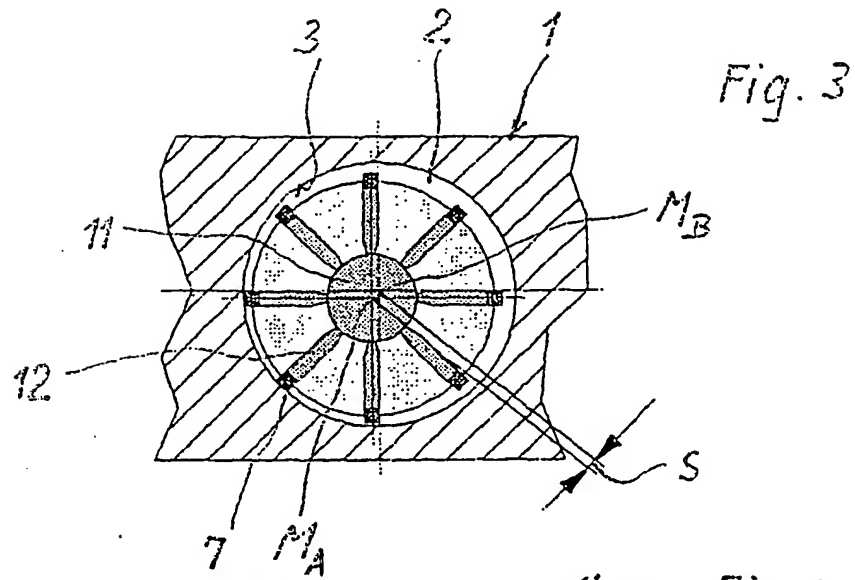
Patentansprüche

1. Verfahren zum Schrupphonieren der Mantelfläche (3) einer Bohrung (2) im Partialschnitt durch ein Honwerkzeug (5) mit Honleisten (7) an einer fliegend angelagerten Arbeitsspindel (6), deren Längsachse (M_A) bei Versatz (S) zur Längsachse (M_B) der Bohrung (2) vor dem Honen exzentrisch in die Bohrung (2) eingeführt wird und während der Honoperation der Materialabtrag in der Bohrung (2) derart ausgeführt wird, dass eine Verschiebung der Längsachse (M_B) der Bohrung (2) erfolgt, bis die gegebenenfalls aufgetretene Auslenkung eliminiert ist und die Längsachse (M_B) der fertigen Bohrung (2) mit der Längsachse (M_A) der Arbeitsspindel (6) coaxial ist, wobei nachfolgend in der coaxialen Lage der Längsachsen (M_A , M_B) die Mantelfläche durch Schrupphonieren im Vollschnitt gleichmäßig gehont wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest während der Bearbeitung des einer Schlitteneinheit (10) abgewandt liegenden Abschnitts der Bohrung (2) die Hubbewegung des Honwerkzeugs (5) von der Schlitteneinheit (10) ausgeführt wird, so dass die Arbeitsspindel (6) von der Schlitteneinheit (10) ausgeführt wird, so dass die Arbeitsspindel (6) von der Schlitteneinheit (10) alternierend bezüglich ihrer Längsachse (M_A) bewegt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass während des Schrupphonierens im Partialschnitt eine formschlüssige Schrittzustellung der Honleisten (7) mit definierten Pausenzeiten erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass während des Schrupphonierens im Vollschnitt eine kraftschlüssige Schrittzustellung

erfolgt, wobei die Zustellkraft, die auf die Honleisten (7) wirkt, überwacht wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass während des Schrupphonens im Partialschnitt ein erster Honleistensatz beaufschlagt wird und das Schrupphonen im Vollschnitt mit einem zweiten Honleistensatz durchgeführt wird.





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/008808

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B24B33/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 B24B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 4 254 591 A (SEDGWICK JULIUS P ET AL) 10 March 1981 (1981-03-10) column 4, line 27 - line 51; figure 9 -----	1 2-5

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 November 2004

Date of mailing of the international search report

23/11/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Eschbach, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/008808

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4254591	A	10-03-1981	NONE

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/008808

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B24B33/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 B24B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 254 591 A (SEDGWICK JULIUS P ET AL)	1
A	10. März 1981 (1981-03-10) Spalte 4, Zeile 27 - Zeile 51; Abbildung 9 -----	2-5



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. November 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

23/11/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Eschbach, D

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/008808

Im Recherchenbericht
angeführtes Patentdokument

Datum der
Veröffentlichung

Mitglied(er) der
Patentfamilie

Datum der
Veröffentlichung

US 4254591

A

10-03-1981

KEINE

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.